

DESAIN ALAT UJI GAYA TEKAN PADA SOLENOID VALVE

Fadwah Maghfurah,^{ST,MM,MT¹},Muhammad Hadiyanto²

Lecture¹,College student²,Departement of machine, Faculty of Engineering, University Muhammadiyah Jakarta, Jalan Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat 10510, Tlp 021-4244016,4256024, email : Fadwah_mgh@yahoo.com

ABSTRAK

Solenoid Valve yang terletak pada Pompa Hidrolik PC200-7 adalah komponen listrik yang berfungsi sebagai pengatur sudut pompa dan biasa disebut dengan LS-EPC atau PC-EPC. Pompa hidrolik merupakan komponen yang mengalami proses rekondisi di Reman Divisi PT United Tractors, agar komponen tersebut bisa digunakan lagi sebagaimana mestinya sesuai dengan standar pabrik. Selama proses rekondisi tersebut yang umumnya dilakukan terhadap solenoid valve adalah memastikan kondisi solenoid valve dengan cara mengukur nilai standar kelistrikkannya dan itupun merupakan standar dan anjuran dari pabriknya. Agar kualitas hasil pengukuran terhadap solenoid valve lebih akurat, maka perlu dilakukan pengukuran nilai mekanikalnya. Sehingga agar nilai mekanikal bisa dilakukan, perlu dibuatlah sebuah alat ukur yang canggih yang mampu membaca nilai mekanikal solenoid valve. Nilai mekanikal yang dimaksud adalah gaya tekan solenoid valve. Pernah salah satu pelanggan PT United Tractors mengadukan karena mengalami kerusakan pada solenoid valve setelah dilakukan rekondisi atas solenoid valve tersebut. Alat ukur yang dirancang ini dapat membaca tekanan solenoid valve sampai 5 kg dengan keluaran arus bisa mencapai 1A, karena pada umumnya solenoid valve yang dipakai pada alat berat memiliki tekanan sebesar tidak lebih dari 5 kg dan maksimal arus listrik yang diterima adalah 1A. Dengan bervariasinya tegangan dan arus yang bisa dikeluarkan oleh alat ukur ini, mampu mengidentifikasi kondisi solenoid valve dengan baik dan benar.

Kata Kunci : Perancangan, Solenoid

1.PENDAHULUAN

Didalam proses produksi *remanufaktur* tepatnya pada proses pengecekan *Solenoid Valve* yang terletak pada komponen *Hydraulic Pump Hydraulic Excavator (PC200-7)* yang selama ini dilakukan hanya sebatas pengecekan nilai kelistrikkannya saja dengan menggunakan alat bantu seperti *Multi Tester*, sedangkan untuk mengetahui nilai mekanikalnya selama ini tidak pernah dilakukan, walaupun harus dilakukan hanya sebatas menggunakan alat yang sangat *konvensional* yaitu menggunakan *Push Pull Scale*. Sistem pengukuran yang selama ini yang hanya sebatas nilai kelistrikkannya saja membuat hasil pengukuran masih perlu hasil pengukuran mekanikal, agar hasil pengukurannya tersebut bisa sesuai harapan. Karena apabila tidak dilakukan pengukuran secara keseluruhan atau hanya mengukur nilai kelistrikkannya saja akan mengakibatkan fungsi sistem pada hydraulic pump tidak berfungsi secara normal dan akan menyebabkan Re-do ataupun tidak efisien dan akan lebih tidak efisien lagi apabila solenoid valve tersebut sudah terpasang pada mesin hydraulic excavator yang

berada dilokasi kerja dan terjadi trouble pada solenoid valve tersebut, maka perlu dilakukan proses perbaikan dengan pekerjaan yang cukup panjang dan lama Oleh sebab itu diperlukan sebuah perancangan alat yang memiliki daya guna yang optimal

2.METODA EKSPERIMEN DAN FASILITAS YANG DIGUNAKAN

Pada bagian ini yang akan dibahas adalah analisa dan perhitungan komponen utama alat ukur yaitu menentukan spesifikasi dan kekuatan pegas serta kekuatan baut yang diperlukan untuk menahan gaya atau beban yang ditimbulkan pada saat pengukuran dan ditambah penjelasan biaya pembuatan alat serta perawatan. Pada umumnya gaya yang ditimbulkan oleh solenoid valve pada alat berat adalah 20 N, namun alat ukur yang direncanakan adalah mampu menahan gaya sampai 50 N dengan berat solenoid valve adalah sampai 2 kg. Oleh karena itu berikut dibawah ini adalah perhitungan menentukan spesifikasi pegas dan baut.

2.1. PENETAPAN SPESIFIKASI

2.1.1. Solenoid yang akan di ukur

Pertama-tama solenoid valve yang akan diukur harus diketahui terlebih dahulu beratnya yaitu maksimal 2 (kg) dan jenis yang bisa diukur oleh alat ukur ini adalah DC Solenoid dan PWM Solenoid.

2.1.2. Perencanaan Kapasitas Alat Ukur

Perencanaan alat ukur yang direncanakan mampu menahan berat solenoid sebesar 2 (kg), gaya tekan solenoid 5 (kg) dan menampung hanya satu solenoid saja.

2.1.3. Perencanaan Sistem Kontrol

Perencanaan sistem kontrol pada alat ini terdiri dari :

a. Sumber tegangan/Power Supply

Sumber tegangan yang digunakan adalah 220 VAC dan didalamnya terdapat Inverter yang mampu mengeluarkan tegangan listrik searah (VDC) yang bervariasi yaitu 12 dan 24 Voltage.

b. Arus Listrik

keluaran arus listrik dari alat ini adalah mulai dari 0 (A) sampai 1 (A) dan bisa atur keluarannya sesuai kebutuhan dengan menggunakan Current Adjustment pada alat tersebut.

2.1.4. Spesifikasi Perencanaan Alat

Jenis Solenoid : DC Solenoid dan PWM Solenoid

Berat Solenoid: 2 (kg)

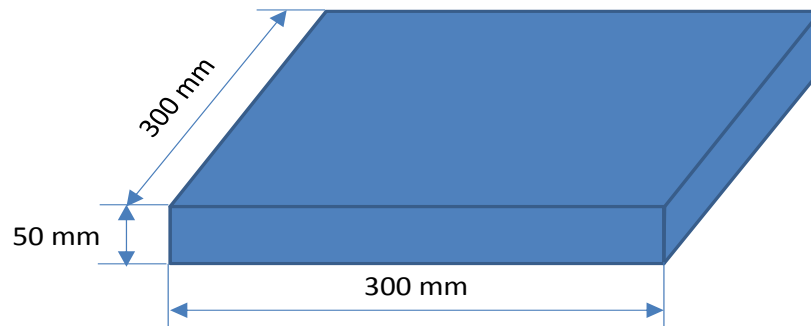
Kapasitas : Input 220VAC dan Output 12VDC/24VDC dengan arus 0-1(A)

Maksimal Gaya : 5 (kg)

2.2. Gambar Bagian-bagian Utama Alat

2.2.1. Rangka Mesin

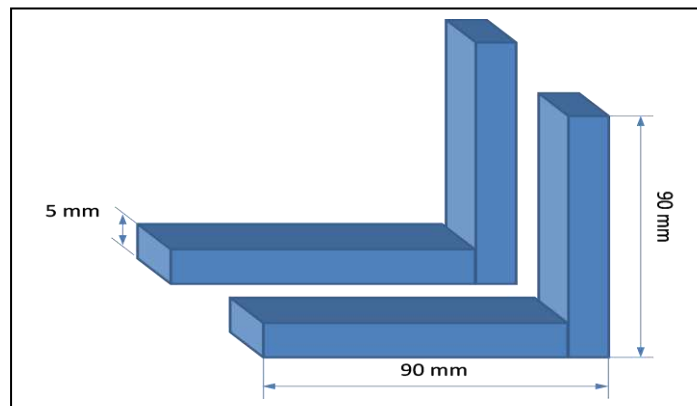
Rangka mesin yang berfungsi sebagai dudukan pada komponen-komponen alat ukur gaya tekan solenoid valve yang terbuat dari bahan Acrylic dengan ukuran 300 (mm) x 300 (mm) dengan tinggi 50 (mm) dan bisa dilihat pada desain gambar dibawah ini dimana untuk bagian dalam rangka mesin ini juga sebagai tempat dudukan komponen-komponen listrik.



Gambar 2.1. Rangka Mesin

2.2.2. Dudukan Solenoid

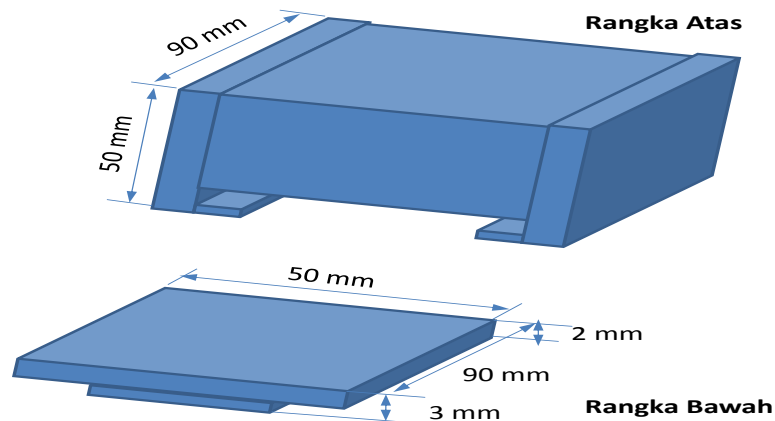
Dudukan solenoid berfungsi sebagai dudukan solenoid valve yang terbuat dari Baja batang S35C, dimana dudukan solenoid ini diproses melalui proses machining (Frais) dan bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.2 dudukan solenoid

2.2.3. Dudukan Force Reader

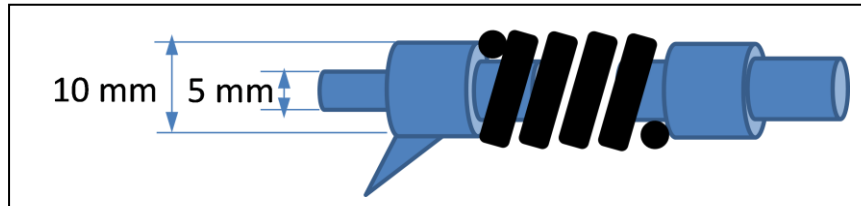
Dudukan Force Reader berfungsi sebagai dudukan Force Reader yang terbuat dari Alumunium, untuk bagian rangka atas bisa bergerak secara aksial dan sedangkan untuk rangka bawah berfungsi sebagai rel agar rangka atas bisa bergerak dengan bebas dan bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.3. Dudukan Force Reader

2.3. Force Reader

Force Reader berfungsi sebagai indikator atau pembaca skala gaya tekan pada solenoid valve. Force Reader duduk padaudukan force reader dengan dilengkapi pegas yang berfungsi untuk mengetahui besaran gaya pada solenoid yang akan diukur.



Gambar 2.4. Force Rader

2.4. Analisa Perhitungan pegas

Pegas yang digunakan pada alat ini adalah sebagai indikator atau membaca tekanan yang dibutuhkan untuk menekan kekuatan solenoid valve. Pada spesifikasi perencanaan, maksimum gaya yang bisa diukur adalah sampai 5 kg, maka diameter pegas yang diperlukan adalah :

$$\delta = \frac{8nD^3W_l}{Gd^4}$$

Dimana : δ = Lendutan (mm)
 n = Jumlah lilitan yang aktif
 D = Diameter lilitan rata-rata (mm)
 W = Beban yang diterima (kg)
 d = Diameter kawat (mm)
 G = Modulus geser (kg/mm²)

Perencanaan pegas yang akan digunakan adalah mampu mengukur beban 0 sampai 50 N dimana defleksi pegas yang diinginkan adalah 5 mm. Perkiraan jumlah koil adalah 5 dan modulus kekakuan adalah 75 kN/mm² karena menggunakan baja tahan karat.

$W = 50 \text{ N}$; $G = 75 \text{ kN/mm}^2$; $n = 5$; $\delta = 5 \text{ mm}$

$$\delta = \frac{8nD^3W_l}{Gd^4} \quad \text{Dimana } D = c.d \text{ maka,} \quad \delta = \frac{8nc^3W_l}{Gd}$$

$$5 = \frac{8.5.c^3.5}{75.10^3.d}$$

$$5 = \frac{2.c^3}{75.d}$$

$$\frac{SI}{d} \frac{c^3}{V} \leq \frac{7,5 \cdot 5}{18,75}$$

di asumsikan diameter kawat adalah 2 mm, sehingga

$$c^3 = 18,75 \cdot d$$

$$c^3 = 18,75 \cdot 2$$

$$c = 3,347 \text{ maka}$$

$$D = c \cdot d$$

$$= 3,3472 \cdot 2$$

$$D_o = D + d$$

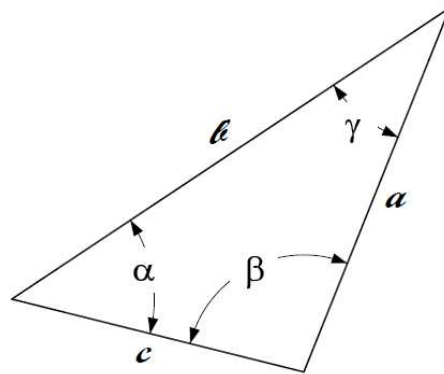
$$= 7 + 2$$

$$= 9 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}$$

Sehingga diameter pegas yang diambil adalah **10 mm**.

2.5. Analisa Perhitungan gaya

Sebelum merencanakan baut yang dibutuhkan, maka perlu diketahui gaya yang terjadi. Dikarenakan gaya yang terjadi lebih dari satu gaya yaitu dua gaya maka dari dua gaya tersebut perlu dijumlah dengan cara metode perhitungan analitis yaitu menggunakan rumus sinus dan/ atau cosinus dari sebuah segitiga. Hubungan antara sudut-sudut dan sisi-sisi sebuah segitiga dapat digambar-kan dan dirumuskan sebagai berikut :



Gambar 2.5. Hubungan antara sudut dan sisi sebuah segitiga

Hubungan dengan rumus cosinus:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2b \cdot c \cdot \cos \alpha \text{ atau}$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2a \cdot c \cdot \cos \beta \text{ atau}$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2a \cdot b \cdot \cos \gamma$$

Hubungan dengan rumus sinus:

$$\frac{\sin \alpha}{a} = \frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \gamma}{c}$$

Gaya yang terjadi pada alat tersebut adalah 50 N dari gaya yang terjadi karena reaksi pegas dan berat solenoid valve sebesar 10 N Karena sudut yang terbentuk antara gaya pertama dan kedua tersebut adalah 90° , maka resultan kedua gaya tersebut adalah :

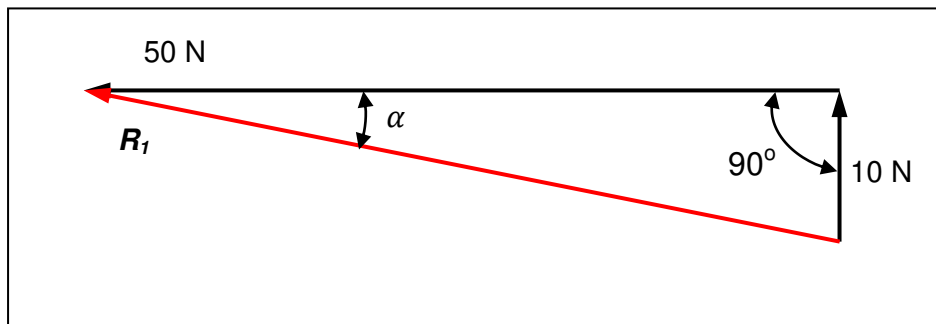
$$\begin{aligned} R_1 &= \sqrt{10^2 + 50^2 - 2 \cdot 10 \cdot 50 \cdot \cos 90^\circ} \\ &= 50,991 \text{ N} \\ &\text{Dibulatkan menjadi } 60 \text{ N} \end{aligned}$$

Sudut yang terbentuk antara resultan kedua gaya tersebut dengan gaya kedua dapat dihitung dengan hubungan sinus, yaitu:

$$\frac{\sin \alpha}{a} = \frac{\sin 90^\circ}{50,991}$$

Sehingga

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{2 \sin 90^\circ}{50,991} \\ \alpha &= 2,247^\circ \end{aligned}$$



Gambar 2.6 Hubungan Sinus

2.6. Perhitungan baut

Baut yang akan direncanakan adalah yang digunakan untuk menahan berat dari solenoid valve dan gaya reaksi pegas dan rencana baut yang dipakai ini menggunakan baut yang berada dipasaran. Sebagai dasar perhitungan bahan baut yang digunakan yang banyak dipasaran adalah S30C dengan kekuatan tarik sebesar 500 N/mm^2 dan beban total yang diterima oleh baut tersebut adalah terdiri dari 50 N dari gaya reaksi pegas dan berat solenoid valve sebesar 10 N sehingga beban total adalah 60 N dan rencana baut yang akan digunakan untuk menahan beban tersebut berjumlah 2 buah. Sehingga dari data tersebut bisa mendapatkan diameter baut yang akan digunakan dengan safety factor adalah 5.

$$W = 60 \text{ N}; \quad z = 2; \quad T_a = 500 \text{ N/mm}^2; \quad v = 5$$

$$T_b = \frac{T_a}{v}$$

$$T_b = \frac{500}{5} = 100 \text{ N/mm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot z \cdot T_b}} \quad D = \sqrt{\frac{4 \cdot 60}{3,14 \cdot 2 \cdot 100}}$$

$$D = \sqrt{\frac{240}{3,14 \cdot 2 \cdot 100}} = 0,6182 \text{ mm} \approx 1 \text{ mm}$$

Dari perhitungan diatas, maka minimal diameter baut yang digunakan adalah 0,6 mm atau dibulatkan menjadi 1 mm, namun untuk memudahkan mencari dipasaran maka baut yang digunakan adalah baut dengan ukuran **M 3 x 0,5**.

2.7. Analisa biaya pembuatan alat

Dari analisa perhitungan maka didapatkan spesifikasi komponen yang dibutuhkan dan agar alat ini berfungsi dengan baik maka perlu diperhitungkan juga biaya yang direncanakan untuk membuat alat ini. Berikut ini adalah taksiran rincian biaya yang akan timbul untuk membuat alat ini, biaya dibawah sudah termasuk jasa pembuatan :

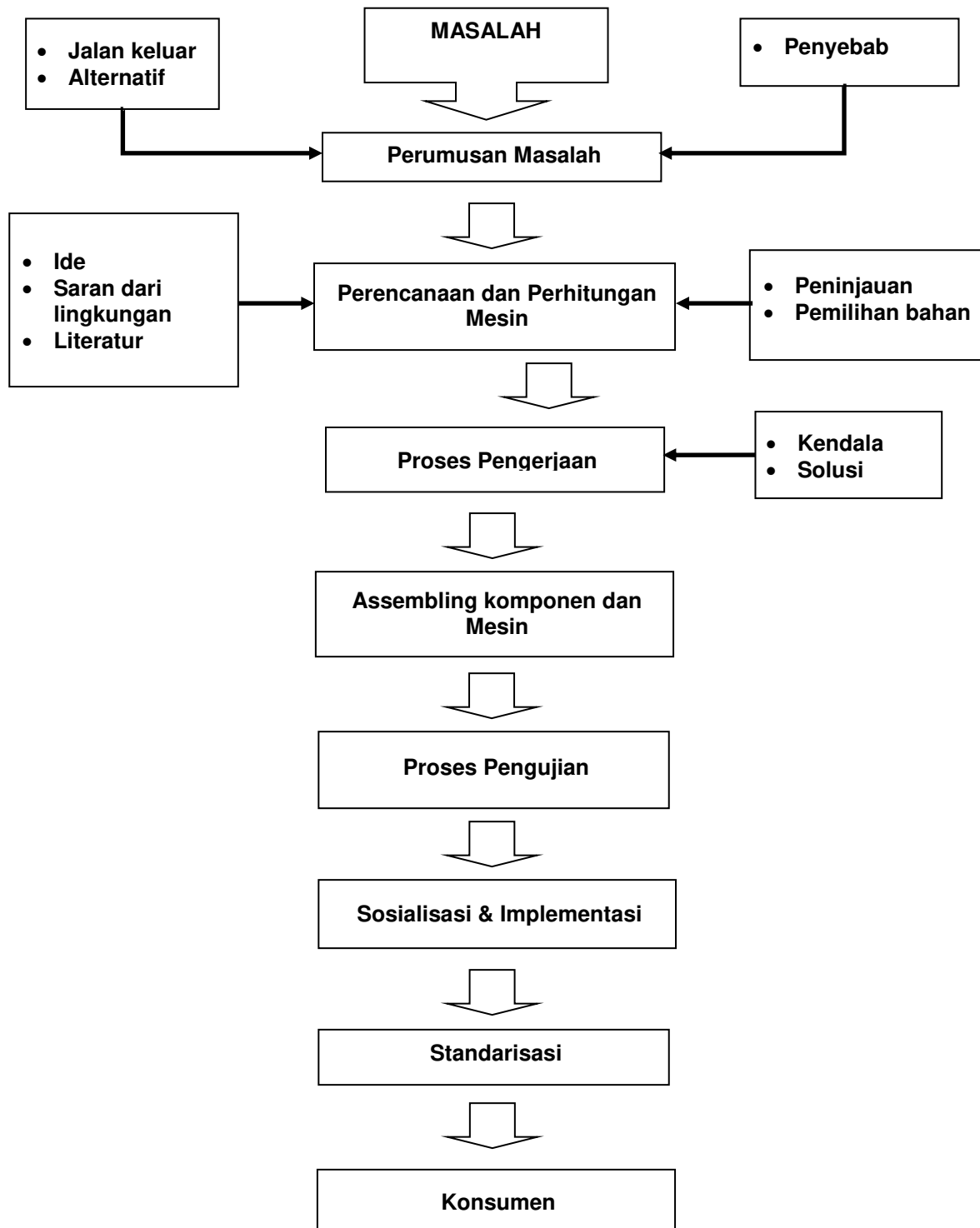
1. Rangka Mesin (Casing Box) = Rp. 200,000.-
2. Pegas = Rp. 100,000.-
3. Baut-baut = Rp. 50,000.-
4. Dudukan Solenoid = Rp. 100,000.-
5. Dudukan Force Reader = Rp. 250,000.-
6. Micro Controller = Rp. 500,000.-
7. Komponen-komponen listrik = Rp. 100,000.-
- Total Biaya adalah = Rp. 1,300,000.-**

2.8. Perawatan

Dikarenakan alat yang akan dirancang ini adalah alat ukur, maka perlu adanya aturan-aturan bagaimana perawatannya :

1. Sebelum diukur hendaknya solenoid valve harus dalam keadaan bersih dari kotoran dan oli.
2. Area atau tempat pengukuran agar dihindari dari komponen listrik yang bisa menimbulkan induksi terhadap alat tersebut.
3. Menggerakkan atau menekan force reader cukup digerakkan sampai pin pada solenoid valve bergerak, jangan terlalu berlebih karena pembacaannya akan terjadi ketidakakuratan dan mempercepat umur pegas.
4. Agar akurasi alat ini selalu terjamin, tempatkan diarea yang sejuk dan selalu bersih.
5. Setiap sebulan sekali pegas pada force reader dilakukan proses kalibrasi dengan menggunakan *Spring Pusher*.

3. SKEMA NUMERIK



4.1. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis dan perhitungan terhadap apa-apa saja yang dibutuhkan agar alat tersebut bisa berfungsi dengan baik, mulai dari kekuatan pegas yang dibutuhkan, kekuatan baut dan mur yang diperlukan dan juga sistem listrik dan kontrol yang baik dan efektif artinya semua komponen-komponen utama alat tersebut yang direncanakan. Berdasarkan tujuan dari perencanaan ini yaitu mampu merencanakan alat ukur gaya tekan solenoid valve dengan kapasitas mampu membaca gaya tekan solenoid valve maksimal 50 N dengan akurat, maka hasilnya dapat disimpulkan sebagai berikut :

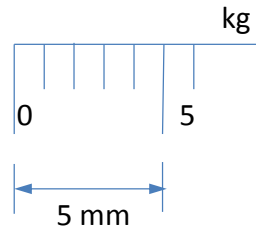
1. Perencanaan spesifikasi pegas yang dibutuhkan adalah diameter $D_o = 10$ mm dengan ketebalan $d = 2$ mm dan panjang pegas adalah 20 mm.
2. Perencanaan untuk mengetahui nilai mekanikal solenoid valve dengan akurat, maka diperlukan arus listrik sampai sebesar 1A dengan metode pengukuran secara bertahap dan untuk mengambil sebagai standar pengukuran diperlukan Solenoid Valve yang masih baru yang relatif belum ada kerusakan.

Tabel 5.1. Pengukuran Solenoid Valve

NO	NILAI ARUS [A]	NILAI PENGUJIAN [kg]
1	0	????
2	0,25	????
3	0,5	????
4	0,75	????
5	1	????

3. Kekuatan baut dan mur yang dibutuhkan untuk menahan adanya gaya aksial akibat gaya reaksi yang ditimbulkan oleh solenoid valve adalah 5 kg/mm^2 dan berat dari solenoid tersebut, sehingga baut dan mur yang digunakan adalah baut dan mur dengan ukuran **M3x0,5**.
4. Dikarenakan alat tersebut harus mampu mengeluarkan variasi tegangan 12V dan 24V dan sumber tegangannya adalah 220VAC, maka diperlukan adanya Inverter untuk merubah tegangan AC menjadi DC dan DC/DC Converter untuk menurunkan atau menaikkan tegangan sesama DC.
5. Perencanaan dudukan solenoid valve adalah konstruksi yang sangat kritis karena fungsinya selain sebagai dudukan, konstruksi tersebut menahan beban solenoid valve dan juga gaya reaksi dari pegas pada force reader. Bahan dudukan diperkirakan menggunakan baja karbon S35C dengan kekuatan tarik 48 kg/mm^2 dan didapat beban yang ditahan oleh dudukan tersebut adalah 6 kg/mm^2 maka dapat dikatakan bahwa konstruksi tersebut aman.
6. Berikut adalah monitor pembacaan gaya yang ditimbulkan oleh solenoid valve.





Gambar 2.9. Skala pembaca

4.2. SARAN

Untuk menghasilkan alat ukur yang dapat memperoleh hasil yang akurat dan optimal maka perlu dilakukan sesuatu hal sebagai berikut :

1. Sebelum diukur hendaknya solenoid valve harus dalam keadaan bersih dari kotoran dan oli.
2. Solenoid valve sebelumnya sudah diukur nilai kelistrikannya dengan menggunakan multimeter.
3. Area atau tempat pengukuran agar dihindari dari komponen listrik yang bisa menimbulkan induksi terhadap alat tersebut.
4. Menggerakkan atau menekan force reader cukup digerakkan sampai pin pada solenoid valve bergerak, jangan terlalu berlebih karena pembacaannya akan terjadi ketidakakuratan dan mempercepat umur pegas.
5. Agar akurasi alat ini selalu terjamin, tempatkan di area yang sejuk dan selalu bersih.
6. Dan juga setiap sebulan sekali pegas pada force reader dilakukan proses kalibrasi dengan menggunakan *Spring Pusher*.

REFERENSI

1. Sularso, dan Kiyokatsu Suga. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Jakarta: Penerbit PT. Pradnya Paramita, 1997.
2. Surdia, Tata, dan Shinroku Saito. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Penerbit PT. Pradnya Paramita, 1995.
3. Komatsu. *Shop Manual*. USA: Penerbit Komatsu America Corp, 2004.
4. United Tractors. *Basic Electrical System*. Jakarta: PT United Tractors, 2010.
5. Hendrowati, Wiwiek. "Pemakaian Formulasi Pegas", *Jurnal Teknik Mesin*. September 2001, Volume 1, Nomor 742.
6. Lin, Yuyi dan Albert P. Pisano. "The Differential Geometry of The General Helix as Applied to Mechanical Springs", *Jurnal of Applied Mechanics*. Desember 1998, Volume 5, Hal 831-835.

